

⑫ 公開特許公報(A) 平1-247809

⑬ Int. Cl.

識別記号

庁内整理番号

⑭ 公開 平成1年(1989)10月3日

F 15 B 15/10
B 25 J 19/00H-8512-3H
A-8611-3F

審査請求 未請求 請求項の数 8 (全13頁)

⑮ 発明の名称 アクチュエータ

⑯ 特 願 昭63-259391

⑰ 出 願 昭63(1988)10月17日

優先権主張 ⑱ 昭62(1987)11月13日 ⑲ 日本(JP) ⑳ 特願 昭62-285476

㉑ 発 明 者 鈴 森 康 一 神奈川県川崎市幸区小向東芝町1 株式会社東芝総合研究
所内

㉒ 発 明 者 松 丸 隆 文 神奈川県川崎市幸区小向東芝町1 株式会社東芝総合研究
所内

㉓ 発 明 者 飯 倉 省 一 神奈川県川崎市幸区小向東芝町1 株式会社東芝総合研究
所内

㉔ 出 願 人 株 式 会 社 東 芝 神奈川県川崎市幸区堀川町72番地

㉕ 代 理 人 弁 理 士 則 近 憲 佑 外1名

明 細 書

1. 発明の名称

アクチュエータ

2. 特許請求の範囲

(1) 軸方向に延設された隔壁によって内部が複数の圧力室に分離された筒状弾性体からなり、前記圧力室の各々の圧力を調整することにより動作することを特徴とするアクチュエータ。

(2) 前記アクチュエータの少なくとも外周部に、弾性係数に関して異方性を持たせたことを特徴とする請求項1記載のアクチュエータ。

(3) 縦弾性係数の小さい方向を前記アクチュエータの軸方向とすることを特徴とする請求項2記載のアクチュエータ。

(4) 縦弾性係数の小さい方向を前記アクチュエータの軸方向から傾いた方向とすることを特徴とする請求項2記載のアクチュエータ。

(5) 縦弾性係数の小さい方向を任意の2方向以上とすることを特徴とする請求項2記載のアクチュエータ。

(6) 請求項1記載のアクチュエータをその軸方向に複数連結してなることを特徴とするアクチュエータ。

(7) 前記アクチュエータの軸方向に貫通してなる貫通部を設けることを特徴とする請求項1記載のアクチュエータ。

(8) 軸方向に延設された隔壁によって内部が複数の圧力室に分離された筒状弾性体と、弾性変形しにくい材質からなり前記筒状弾性体と交互に連結され、連結された前記筒状弾性体の前記圧力室の圧力が相互に伝わるように孔を設けた強化部材とを有することを特徴とするアクチュエータ。

3. 発明の詳細な説明

(発明の目的)

(産業上の利用分野)

本発明は流体のエネルギーにより動作するアクチュエータに関する。

(従来の技術)

従来より流体のもつエネルギーにより動作するア

クチュエータとして、油空圧シリンダや油空圧モータ等が広く用いられている。

これらのアクチュエータは一般に摺動部（例えばピストンとシリンダ間）を有するため作動流体が漏れ易く、摺動摩擦のため滑らかな動作や精密な位置決めが難しいといった欠点があった。

これに対し従来、ゴムの弾性変形を利用した空気圧アクチュエータが考案されている。例えば商品名ニューマティックフィンガー、Pat. DEPS 242 6086-C3, US 3981528のようなものがある。

この主たる構造は第27図、第28図に示すように半円筒状を成しゴムにより形成された弾性体301を有し、この弾性体301の軸方向の一部には蛇腹部303が設けられている。前記弾性体301の一端端には空気を送り込むためのポート305が設けられているものである。従って、弾性体301内の圧力をポート305から空気圧Pを送り込むことにより高めると、蛇腹部303が押し広げられることにより弾性体301全体は第27図301bのように弾性変形する。このため弾性体301内の圧力を調整する

ことにより第27図に示した先端の位置量A、V及び作動力Fを制御することができアクチュエータとして利用できる。よって従来のシリンダのように作動流体の漏れはなく且つ滑らかに作動することができる。

しかしながら、前記アクチュエータをそのまま利用して細い小型のロボットアームを構成する場合には、多自由度を実現するために蛇腹部のスペースが必要なため、極端な細径化が不可能であった。

（発明が解決しようとする課題）

上記した如く蛇腹部を設けた弾性体の変形を利用したアクチュエータはシリンダのように作動流体の漏れはなく且つ滑らかに作動することができる。しかし蛇腹部を必要とする分だけ直径が大きくなってしまい多自由度のロボットアームとして使用するには適していない。

そこで本発明は、円滑で多自由度な動作が可能であり、しかも構造の簡単なアクチュエータの提供を目的とする。

（発明の構成）

（課題を解決するための手段）

上記の目的を達成するために本発明においては、軸方向に延設された隔壁によって内部が複数の圧力室に分離された筒状弾性体からなり、これら圧力室の各々の圧力を調整することにより動作するアクチュエータとした。また、軸方向に延設された隔壁によって内部が複数の圧力室に分離された筒状弾性体と、弾性変形しにくい材質からなり筒状弾性体と交互に連結され連結された筒状弾性体の圧力室の圧力が相互に伝わるように孔を設けた強化部材とを有するアクチュエータとした。

（作用）

以上のようにすれば、任意の圧力室の圧力を調整することによりその圧力室が伸縮するため、各々の圧力室の圧力の組合せにより全体として湾曲・伸縮などの動きが円滑に行われる。従って、円滑で多自由度な動作が可能であり、しかも構造の簡単なアクチュエータが実現する。

（実施例）

以下図面に示した実施例に基づいて本発明を詳細に説明する。

第1図は第1実施例の外観を示す斜視図である。まず本アクチュエータ1は外壁を形成する筒状弾性体3、上蓋5、下蓋7、チューブ9、11、13から構成されている。第2図は第1実施例の分解斜視図であり、この第2図で明示したように筒状弾性体3は同一形状なる3つの筒状弾性体3a、3b、3cを軸方向に並列に接合することにより一体成形したものである。このため接合された部位により筒状弾性体3の軸方向に弾性隔壁15、17、19が延設され、この弾性隔壁15、17、19により3つの圧力室21、23、25が形成される。前記筒状弾性体3a、3b、3cは第3図に示すように図面垂直方向を軸としてそれぞれ間隔を密にして螺旋状に巻装されたアラミド繊維（商標）27を弾性材料であるシリコンゴムにより被覆して形成されている。このため筒状弾性体3は繊維27とゴムの複合による異方性弾性材料によって形成されることにより縦弾性係数の小さい方向は筒状弾性体3の軸方向29と略一

致し、この軸方向29には伸び易くなっているものである。また軸方向29と直交する方向31には縦維27により縦弾性係数大のため伸びにくくなっている。

前記上蓋5は、金属により形成され前記筒状弾性体3a, 3b, 3cに形成された圧力室21, 23, 25を封止する扇形状の上蓋5a, 5b, 5cと、この上蓋5a, 5b, 5cの一端を筒状弾性体3a, 3b, 3cに挿入して接着した後に上蓋5a, 5b, 5cをカバーするカバー部材33により構成されている。前記上蓋5の装着状態は例えば第4図に示す様になっている。前記カバー部材33は円筒形状を成し内側には上蓋5a, 5b, 5cを嵌合させる嵌合部33a, 33b, 33cが区画形成されている。このカバー部材33の外形は筒状弾性体3と同様となっているものである。

前記下蓋7は上蓋5と同様な扇形状の下蓋7a, 7b, 7cと、この下蓋7a, 7b, 7cの一端を筒状弾性体3a, 3b, 3cに挿入した接着封止した後、下蓋7a, 7b, 7cをカバーするカバー部材35により構成されている。

ように圧力室21は軸方向29に伸び、第1図に明示したように筒状弾性体3が54方向に湾曲し56の姿勢になる。この状態でさらにチューブ11を介して圧力室23の圧力を上げれば湾曲の方向は58となる。このように3つの圧力室21, 23, 25の圧力の組み合わせにより任意の方向への湾曲動作が可能となる。この時圧力制御装置(図示しない)により圧力が微妙に調整されて上記動作を行なうものである。また、3つの圧力室21, 23, 25の圧力を等しく高めれば筒状弾性体3を軸方向に真直ぐ伸ばすこともできる。このように異方性弾性材料の特性を利用し3つの圧力室21, 23, 25の圧力を制御することによりアクチュエータ1先端は動作範囲内における設定した任意の点に位置決めすることができる。

以上のようなアクチュエータとすれば、作動流体の漏れがなく摺動部がないため、動作が滑らかで微細な位置決めが容易となる。また構造が簡単で細径化も容易である。又、送り込んだ作動流体の体積及び圧力を測定することによりアクチュエ

ータの姿勢、作用力を知ることができ、特に先端にセンサを装備することなく位置及び作動力の制御を行うことができる。そして(出力/自重)比が非常に大きなアクチュエータとなる。

次に本発明の第2の実施例を前記実施例と同一の構成要素には同一の符号を付して説明する。

第2の実施例の第6図乃至第10図に示すように第1の実施例と同様に、軸方向29には伸び易く、軸方向29に直交する方向31には伸びにくい異方性弾性材料により筒状弾性体61が形成されている。この筒状弾性体61は同一形状なる2つの筒状弾性体61a, 61bを軸方向に並列に接着することにより一体成形したものである。このため接着された部位により筒状弾性体61の軸方向に平行なる弾性隔壁63が延設され、この弾性隔壁63により2つの圧力室67, 69が形成される。

以上構成によりその作用を説明する。例えばチューブ9から作動流体を送り込んで圧力室21の圧力を高めたと仮定する。このため第1図に示す

ータの姿勢、作用力を知ることができ、特に先端にセンサを装備することなく位置及び作動力の制御を行うことができる。そして(出力/自重)比が非常に大きなアクチュエータとなる。

次に本発明の第2の実施例を前記実施例と同一の構成要素には同一の符号を付して説明する。

第2の実施例の第6図乃至第10図に示すように第1の実施例と同様に、軸方向29には伸び易く、軸方向29に直交する方向31には伸びにくい異方性弾性材料により筒状弾性体61が形成されている。この筒状弾性体61は同一形状なる2つの筒状弾性体61a, 61bを軸方向に並列に接着することにより一体成形したものである。このため接着された部位により筒状弾性体61の軸方向に平行なる弾性隔壁63が延設され、この弾性隔壁63により2つの圧力室67, 69が形成される。

上蓋71は、金属により形成され圧力室67, 69を封止する半円筒状の上蓋71a, 71bと、上蓋71a, 71bをカバーするカバー部材73により構成されている。前記上蓋71の装着状態は例えば第9図に示

す様になっている。前記カバー部材73は円筒形状を成し内側には上蓋71a, 71bを嵌合させる嵌合部73a, 73bが区画形成されている。

下蓋75は、上蓋71と外形状同様な半円筒状の下蓋75a, 75bと、この下蓋75a, 75bの一端を筒状弾性体61a, 61bに挿入して接着封止した後、下蓋75a, 75bをカバーするカバー部材77により構成されている。

下蓋75a, 75bには第10図に示すようにチューブ79, 81が挿入固着される挿入穴83, 85がそれぞれに設けられ、この挿入穴83, 85の先端には連通孔87, 89が設けられている。

前記カバー部材77の内側には下蓋75a, 75bを嵌合させる嵌合部77a, 77bが区画形成されており、この嵌合部77a, 77bにはそれぞれチューブ79, 81が挿入される挿入穴91, 93が形成されている。前記各圧力室67, 69の圧力調整は外部に設けられた圧力制御装置(図示しない)により作動流体の圧力を調整して送り込むことにより各々制御できるものである。

方向29に直交する方向31には伸びにくい異方性弾性材料により筒状弾性体99が形成されている。この筒状弾性体99は同一形状なる4つの筒状弾性体99a, 99b, 99c, 99dを軸方向に並列に接着することにより一体成形したものである。このため接着された部位により筒状弾性体99の軸方向に平行なる弾性隔壁101, 103, 105, 107が延設され、この弾性隔壁101, 103, 105, 107により4つの圧力室109, 111, 113, 115が形成される。

上蓋117は、金属により形成され圧力室109, 111, 113, 115が封止する扇形状の上蓋117a, 117b, 117c, 117dと、上蓋117a, 117b, 117c, 117dをカバーするカバー部材119により構成されている。前記上蓋117の接着状態は例えば第14図に示す様になっている。前記カバー部材119は円筒形状を成し内側には上蓋117a, 117b, 117c, 117dを嵌合させる嵌合部119a, 119b, 119c, 119dが区画形成されている。

下蓋121は、上蓋117と同様な扇形状の下蓋

次に上記作用を説明する。例えばチューブ79から作動流体を送り込んで圧力室67の圧力を高めたと仮定する。このため圧力室67は軸方向29に伸び第6図に明示したように筒状弾性体61が95方向に湾曲する。

一方、圧力室67の圧力を下げチューブ81から圧力室69に作動流体を送り込んで圧力を高めれば筒状弾性体61を97方向に湾曲させることができる。また、軸方向29への伸縮動作をさせるには2つの圧力室67, 69の圧力を等しく圧力制御装置(図示しない)により操作すればよい。従ってチューブ79, 81を通じて適当に圧力室を調整した作動流体を2つの圧力室67, 69に送り込むことによりアクチュエータ98は軸方向29の伸縮動作及び弾性隔壁63に直角な方向95, 97に湾曲動作を行なうことができる。

次に本発明の第3の実施例を前記と同一の構成要素には同一の符号を付して説明する。

第3の実施例も第11図乃至第15図に示すように第1の実施例と同様に、軸方向29に伸び易く、軸

121a, 121b, 121c, 121dと、この下蓋121a, 121b, 121c, 121dの一端を筒状弾性体99a, 99b, 99c, 99dに挿入して接着封止した後、下蓋121a, 121b, 121c, 121dをカバーするカバー部材123により構成されている。

下蓋121a, 121b, 121c, 121dには第15図に示すようにチューブ125, 127, 129, 131が挿入固着される挿入穴131, 135, 137, 139がそれぞれに設けられている。挿入穴133, 135, 137, 139の先端には連通孔141, 143, 145, 147が設けられている。

前記カバー部材123の内側には下蓋121a, 121b, 121c, 121dを嵌合させる嵌合部123a, 123b, 123c, 123dが区画形成されている。この嵌合部123a, 123b, 123c, 123dにはそれぞれチューブ125, 127, 129, 131が挿入される挿入穴149, 151, 153, 155が形成されている。

次に上記作用を説明する。例えば第11図に示すようにチューブ127, 129から作動流体を送り込んで圧力室111, 113の圧力を高めたと仮定する。

このため圧力室 111, 113は軸方向29に伸び、筒状弾性体99は 157方向に湾曲動作する。また軸方向29への伸縮動作をさせるには4つの圧力室 109, 111, 113, 115の圧力を等しく圧力制御装置(図示しない)により操作すればよい。また 159方向に湾曲させるには圧力室 111, 113, 115の圧力を高めて作用させればよい。従ってチューブ 125, 127, 129, 131を通じて圧力制御装置により適当に圧力を調整した作動流体を4つの圧力室 109, 111, 113, 115に送り込むことによりアクチュエータ 161の多自由度な動作が行われる。

こういったアクチュエータの一変形例として、第16図に示すように中心部に圧力調節を行わない貫通部26を設けたアクチュエータ 162としてもよい。ここでは前記実施例と同一の構成要素には同一の符号を付し、細部の説明は省略するが、貫通部26を除いたその他の構成は第1の実施例に従うものである。尚、貫通部26は他の圧力室21, 23, 25と同様、筒状弾性体3dを軸方向に並列に接着することにより形成されている。

用いる必要はない。つまり筒状弾性体の軸方向と繊維の長さ方向との形成する角度 α (以下、巻装角度という)は必ずしも $\alpha=90^\circ$ である必要はない。この例について第17, 第18図を用いて説明する。尚、第1の実施例と同一の構成要素には、同一の符号を付すか若しくは省略をする。

筒状弾性体3は、各筒状弾性体3a, 3b, 3c(図示せず)毎にそれぞれ巻装角度 α ($\neq 90^\circ$)を同一にして繊維27を螺旋状に巻装し、弾性材料であるゴムにより被覆して形成されている。 $(90^\circ - \alpha)$ が大きくなるに従って繊維27のピッチが大きくなるので、この場合は複数条の繊維で巻装し、繊維間隔が広がらないようにすることが望ましい。このように筒状弾性体3は巻装角度 α とした繊維27とゴムの複合による異方性弾性材料によって形成されることにより、 α 傾いた方向には伸びにくく、 $(\alpha+90^\circ)$ 傾いた方向には伸びやすいという性質を有する。

以上の構成によりその作用を説明する。例えばチューブ9から作動流体を送り込んで圧力室21の

このようなアクチュエータ 162とすれば、圧力調節を行わない空間があるにもかかわらず全方向へ均等な自由度が確保され、アクチュエータ 162の安定な動作が実現する。また、多数本のチューブや配線を利用する場合に前記貫通部26内を貫通すれば、周囲の圧力室21, 23, 25の圧力がクッションの役割をすることによりこれら内蔵物が外力から保護されるので、内蔵物の切断や破損の心配がなくなる。もちろん貫通部26のような圧力調節を行わない空間を2つ以上設けてもよく、1つは前述したように内蔵物の押通用、1つは液体の流通用などという利用方法をしてよい。また、アクチュエータの一方から他方へ液体などを流通する場合に圧力を用いて行ってもよいことは言うまでもない。また、アクチュエータのカバー部材には、貫通部26に係る部分を中空にしたものを用いればよい。

以上の実施例は、筒状弾性体の軸方向と繊維の長さ方向とが略直角となるように繊維を巻装した場合について述べたが、必ずしもこの巻装方法を

圧力を高めたと仮定する。こうすると圧力室21は長手方向29に伸び、筒状弾性体3が54方向に湾曲し、56の姿勢になる。そして圧力室21は30方向のねじれも伴うため、アクチュエータ1全体が軸回りの回転を生じる。同様に圧力室21, 23の圧力を同時に高めれば、軸回りの回転を伴いながら58方向に湾曲動作をする。また、3つの圧力室21, 23, 25の圧力を等しく高めれば筒状弾性体3は軸回りの回転動作と軸方向の伸び動作をする。圧力の調整は外部の圧力制御装置(図示しない)により行われる。

このように異方性弾性材料の特性を利用し、3つの圧力室21, 23, 25の圧力を制御することにより、アクチュエータ1は回転動作を伴いながら任意方向への湾曲動作および軸方向の伸び動作が行える。

もちろん圧力室の数は2つ、3つ、4つなどいくつでもよく、目的に応じて任意に選択してよい。また筒状弾性体3内の弾性隔壁が無く、圧力室が1つのアクチュエータであれば、軸回りの回転動

作と軸方向の伸び動作のみをする。また圧力室に与圧を加えた状態で中立を保つようにすれば、与圧を減ずることによって30方向と反対方向の回転動作が得られる。

回転動作と、湾曲動作および軸方向の伸び動作の動作量の割合は、巻装角度 α によって決まり、この α を変えることにより、動作の異なるアクチュエータを設計できる。また、1つのアクチュエータにおいてこの巻装角度 α を変化させれば、より多自由度のアクチュエータとなる。

尚、アクチュエータの製造方法としては上述したように、螺旋状に巻装された繊維を、弾性材料であるゴムにより被覆して筒状弾性体を形成し、この筒状弾性体を複数個軸方向に並列に接着してアクチュエータを形成しているが、例えば圧力室と略同断面形状の中子を用いて押し出し成形することによりアクチュエータの外形を形成してもよい。また、アクチュエータの外形が形成された後に繊維を巻装したり、あるいは繊維を巻装する代わりに環状の繊維状部材を複数個装着してもよい。前

替により形成される圧力室21, 23, 25の形状は第1の実施例のものと同形状となるようにしてあるが、部材163, 164の固着の際に軸を中心とした回転角を持たせながら固着していてもよい。こうすることにより圧力室の形状を任意に形成することができ、複雑な動作を行うアクチュエータとすることができる。この時、圧力室どうしの流体の漏れがないように密閉するために、強化部材163の孔166, 167, 168の大きさを第20図(c)のように小さくしてもよい。以上のように構成すると、強化部材163により外部からの衝撃や圧力に対して耐久性のあるアクチュエータ165となる。また、強化部材163の厚みを弾性部材164の厚みより薄くすれば、動作範囲が大きくなる。

次に本発明の更なる実施例として、複合アクチュエータを説明する。ここでいう複合アクチュエータとは、今まで述べてきたアクチュエータの複合体である。第21図は複合アクチュエータの一実施例を示す斜視図であり、第1の実施例に示したアクチュエータを3つ直列に連結してなる複合ア

クチュエータの方法を用いれば、圧力室の圧力差による接着部の剥離が防止され、アクチュエータの湾曲の度合いを大きくすることができる。後者の方法を用いれば繊維とゴムとの剥離が防止される一方、アクチュエータの半径方向への膨張変形も防止することができるので、加えた圧力に対する必要な方向への変形量が大きくアクチュエータとなる。また、いずれの方法であってもアクチュエータの肉厚を薄くすることができるので、結果的にアクチュエータがより一層細径化される。

第19図は本発明の第6の実施例を示すアクチュエータの斜視図である。本実施例では第20図(a), (b)に示すように、金属あるいはEngineering Plastic などからなる強化部材163と、ゴムなどからなる弾性部材164とを軸方向に交互に密着固着することによりアクチュエータ165を形成している。ここで強化部材163はワイヤカット放電加工やプレス打抜き加工などにより製作され、弾性部材164は前述した押し出し成形などにより製作されている。また、強化部材163と弾性部材164との固

クチュエータ200である。3つのアクチュエータ201, 202, 203はそれぞれ3つの圧力室201a, 201b, 201c, 202a, 202b, 202c, 203a, 203b, 203cを持ち、それぞれの圧力室とつながったチューブにより、それぞれ独立に圧力の調整ができる。図をわかりやすくするために、第21図では圧力室201b, 202b, 203bの圧力をそれぞれ調整するチューブ210, 211, 212のみを示すが、他の圧力室についても同様にチューブが接続される。以下、圧力室201b, 202b, 203bとチューブ210, 211, 212について説明するが、他の圧力室とチューブの構成も全と同じである。

圧力室201bの圧力を調整するチューブ210は、アクチュエータ202の圧力室202b、および圧力室203b内を貫通し、図面右方向に存在する複合アクチュエータ基部を経て圧力制御装置(図示しない)へつながる。この際、チューブ210は圧力室202b, 203bを貫通しているだけであり、圧力室202b, 203b内の流体とチューブ210内の流体は相互に流通しないため、圧力室202b, 203b内の圧力はチュ

ープ 210内の圧力の影響を受けない。

一方、同様に圧力室202bの圧力を調整するチューブ 211は、アクチュエータ 203の圧力室203b内を貫通し、図面右方向に存在する複合アクチュエータ基部を経て、圧力制御装置（図示しない）へつながる。また、圧力室203bの圧力を調整するチューブ 212は直接複合アクチュエータ基部を経て、圧力制御装置へつながる。やはり同様に圧力室203b内の流体とチューブ 211内の流体は相互に流通しないため、圧力室203b内の圧力はチューブ 211内の圧力の影響を受けない。

また、図示するように、他のアクチュエータを貫通するチューブは、貫通するアクチュエータの動作を妨害しないように、貫通する圧力室内で余裕をもっていることが必要である。通常は、圧力室内で壊ませる程度でよいが、例えばチューブをカール状に形成して圧力室内を通すことも有効である。いずれの場合も、複合アクチュエータ 200全体としての変形量を考慮してチューブ全長を決定することが好ましい。

圧力室断面と同じ形状である。本実施例ではアクチュエータ 202、203が同一形状の圧力室を有しているが、異なる場合は段つき金具となる。各接続金具206a、206b、206cには各々2つの穴が設けられ、ここをアクチュエータ 201、202を駆動するチューブ（例えば接続金具206bの場合、チューブ 210、211）が挿入固着される。接続金具とチューブ、およびアクチュエータとは完全に接着され、アクチュエータ 202、203の圧力室間の流体漏れは防止される。

本実施例では同一形状の3つのアクチュエータを用いたが、アクチュエータの接続数はいくつであっても、チューブの本数が変わるだけで全く同様に実施できる。また、用いるアクチュエータは同一形状である必要はなく、動作形態が異なるもの同士であってもよい。また、接続するアクチュエータの自由度は必ずしも同じである必要はなく、例えば3つの圧力室を有し3自由度動作を行うアクチュエータと、2つの圧力室を有し2自由度動作を行うアクチュエータとの接続であっても、あ

このように構成することにより、計9つの圧力室の圧力を調整する9本のチューブが複合アクチュエータ 200基部から伸びることになるので、複合アクチュエータ 200をそのままマニピュレータとして利用することもでき、しかも先端側のアクチュエータを駆動するチューブが根元側アクチュエータ内部に収納されるため、複合アクチュエータ 200の外部に凸部ができず、複合アクチュエータ 200の細径化も可能となり、また極めて簡素な外観となる。

次にアクチュエータ 201、202、203それぞれの接続方法について、アクチュエータ 202、アクチュエータ 203間の接続を例にとりて説明する。第23図、第24図はアクチュエータ 202、アクチュエータ 203間の接続法の一例を示す正断面図および側断面図である。アクチュエータの接続は、アクチュエータ 202、203のそれぞれ対応する圧力室202a、203a、202b、203b、202c、203cにそれぞれ嵌合し固着された接続金具220a、220b、220cによって行われる。接続金具206a、206b、206cは各

るいは1つのみの圧力室を有し1自由度の動作を行うアクチュエータとの接続であってもよい。

別の実施例として、2自由度と3自由度のアクチュエータを接続した複合アクチュエータについて説明する。第22図に示すように、3つの圧力室205a、205b、205cを有し、任意方向への湾曲動作と軸方向の伸縮動作ができるアクチュエータ 205と、2つの圧力室204a、204bを有し、圧力室間の隔壁と垂直方向への湾曲動作と軸方向の伸縮動作ができるアクチュエータ 204とを接続した複合アクチュエータ 220であり、圧力室204a、204bの圧力を調整するチューブ 213、214はアクチュエータ 205の圧力室205a、205b内を貫通し、図面右方向に存在する複合アクチュエータ 220基部を経て圧力制御装置（図示しない）へつながっている。

第25図、第26図はアクチュエータ 204、アクチュエータ 205間の接続法の一例を示す正断面図および側断面図である。アクチュエータ 204、205の圧力室204a、204b、205a、205b、205cにはそれぞれ接続金具207a、207b、208a、208b、208cが嵌

合し固着されている。このうち接続金具207a, 207b, 208a, 208bにはアクチュエータ 204, 205を接続面 230で重ね合わせた場合に同一位置にくる連通孔を有し、ここをチューブ 213, 214が挿通し、それぞれの接続金具と固着される。一方、アクチュエータ 204, 205同志も接続金具、弾性壁で固着される。

このように異構造のアクチュエータからなる複合アクチュエータであっても、個々のアクチュエータの自由度を損ねることなく駆動が行える。また細径化も可能で極めて簡素な外観となる。

以上のように複合アクチュエータは、その用途によって任意のアクチュエータを連結し、必要な自由度を得ることができるので、複数の自由度が要求されるロボットアームやマニピュレータとして利用することもできる。また複合アクチュエータは上述したように、細径化が可能でしかも表面に凹凸が無いので、工業用や医療用の内視鏡としても応用できる。

なお、これらの発明は上記実施例に限定される

に設けられた圧力制御装置のトラブルなどにより圧力を上下させることができない圧力室があっても他の圧力室により動作させることもできる。また圧力室の容積は全て一致させる必要はなく、大小の差をつけてもよい。また圧力室の数は使用状態により種々選定できるものである。また圧力制御装置は自動制御回路により制御できるし、手動によっても制御可能である。またアクチュエータの作動速度及び作動力も自由に制御できるものである。

(発明の効果)

以上のように本発明によれば、円滑で多自由度な動作が可能であり、しかも構造の簡単なアクチュエータが実現する。

4. 図面の簡単な説明

第1図は本発明の第1実施例に係るアクチュエータの全体斜視図、第2図は第1図の分解斜視図、第3図は第1図のA-A矢視断面図、第4図は第1図のB-B矢視断面図、第5図は第1図のC-C矢視断面図、第6図は本発明の第2実施例に係

ものではない。例えば、本実施例の中では弾性隔壁も異方性弾性材料により形成したが筒状弾性体だけ異方性弾性材料として弾性隔壁は異方性弾性材料でなくとも実施できる。また筒状弾性体は複数の筒状弾性体を接着させて一体としたが、まず繊維27により骨組みを形成し、ゴムにより被覆し、その後に弾性隔壁を設けることによって、複数の筒状弾性体を接着させずに上記各実施例の形状にすることも可能である。また上蓋、下蓋は金属でなくとも剛性の高い部材で実施することもできるし、筒状弾性体と一体成形させて接着等の工程を省略させることもできる。また、異方性弾性材料の代わりに短繊維強化ゴム(ゴム中に例えば直径 $0.3\mu\text{m}$ 、長さ $30\mu\text{m}$ の繊維を分散させたもの)を用いてもよい。また、例えば第3の実施例における4つの圧力室 109, 111, 113, 115を有するアクチュエータ 161において各圧力室に作用させる圧力の調整方法は一通りではない。例えば圧力室113のみの圧力を上げて159方向に湾曲させることも可能である。またアクチュエータとは別個

るアクチュエータの全体斜視図、第7図は第6図の分解斜視図、第8図は第6図のD-D矢視断面図、第9図は第6図のE-E矢視断面図、第10図は第6図のF-F矢視断面図、第11図は本発明の第3実施例に係るアクチュエータの全体斜視図、第12図は第11図の分解斜視図、第13図は第11図のG-G矢視断面図、第14図は第11図のH-H矢視断面図、第15図は第11図のI-I矢視断面図、第16図は本発明の第4実施例に係るアクチュエータの正断面図、第17図は本発明の第5実施例に係るアクチュエータの全体斜視図、第18図は第17図のアクチュエータの繊維巻装方向を示す斜視図、第19図は本発明の第6実施例に係るアクチュエータの分解斜視図、第20図は第19図のアクチュエータの本体を形成する部材を示す斜視図、第21図は本発明のアクチュエータを連結してなる複合アクチュエータの第1実施例を示す透視斜視図、第22図は同じく複合アクチュエータの第2実施例を示す透視斜視図、第23図は第21図のJ-J矢視断面図、第24図は第23図のK-K矢視断面図、第25図は第

22図のL-L, M-M矢視断面図、第26図は第25図のN-N矢視断面図、第27図と第28図は従来例を示す図である。

1, 98, 161, 162, 165...アクチュエータ

200, 220 ...複合アクチュエータ (アクチュエータ)

3, 61, 99, 164 ...筒状弾性体

15, 17, 19, 63, 101, 103, 105, 107 ...弾性隔壁

21, 23, 25, 26, 67, 69, 109, 111,

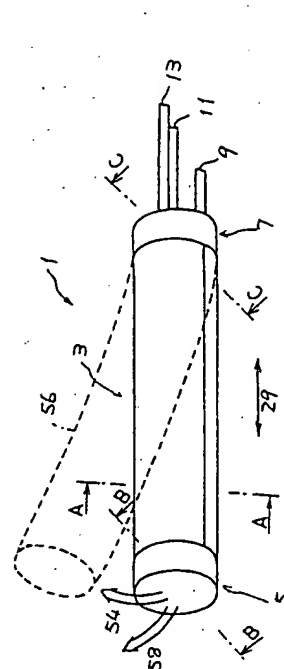
113, 115, 166, 167, 168 ...圧力室

26...貫通部

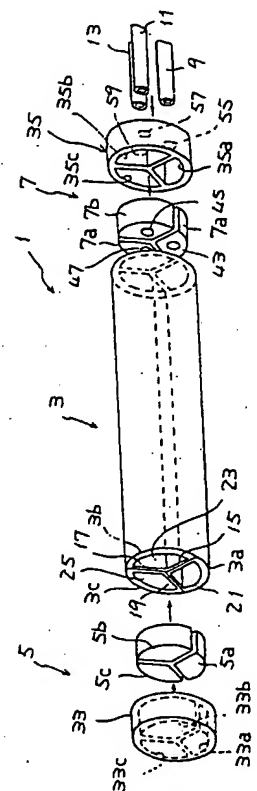
163 ...強化部材

166, 167, 168 ...孔

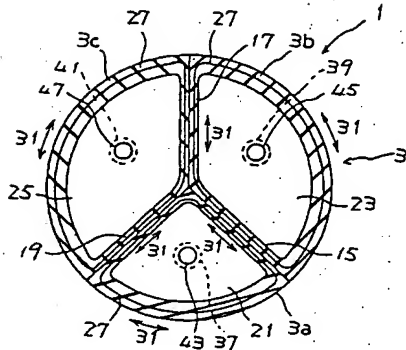
代理人 弁理士 則 近 憲 佑
同 松 山 允 之



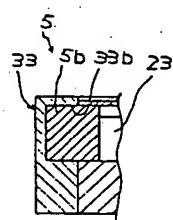
第 1 図



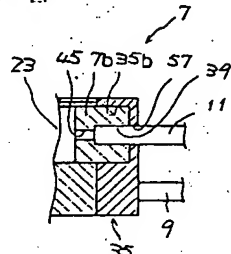
第 2 図

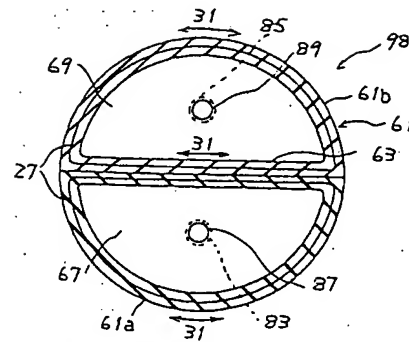


第 3 図

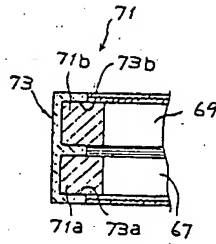


第 4 図

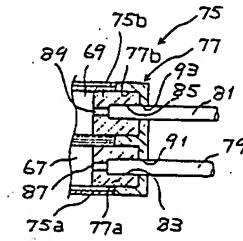




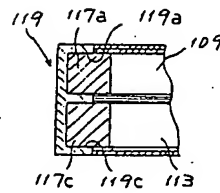
第 8 図



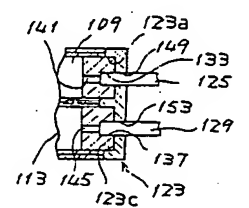
第 9 図



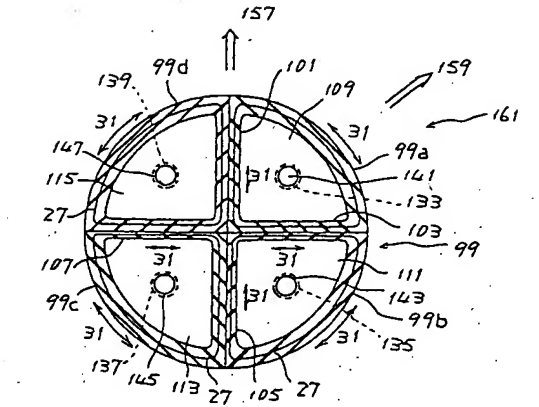
第 10 図



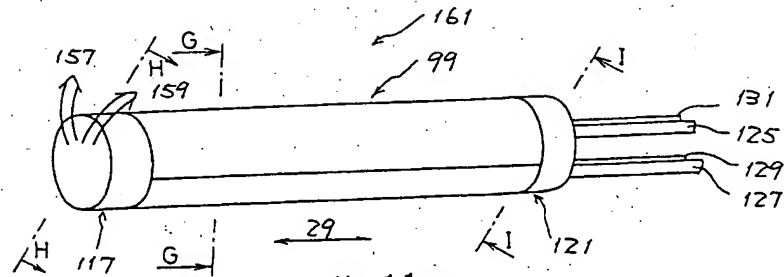
第 14 図



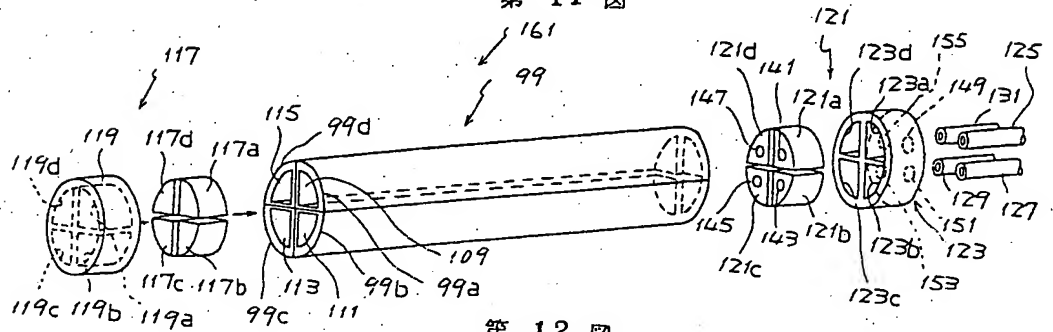
第 15 図



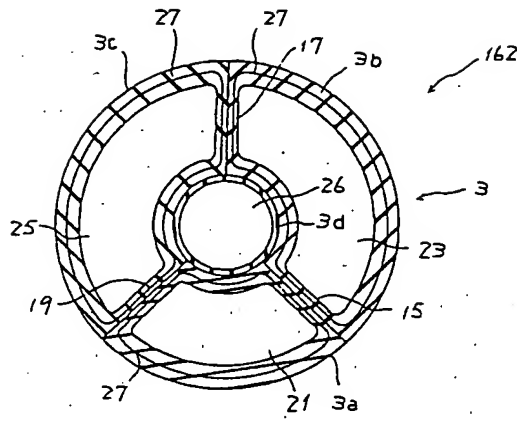
第 13 図



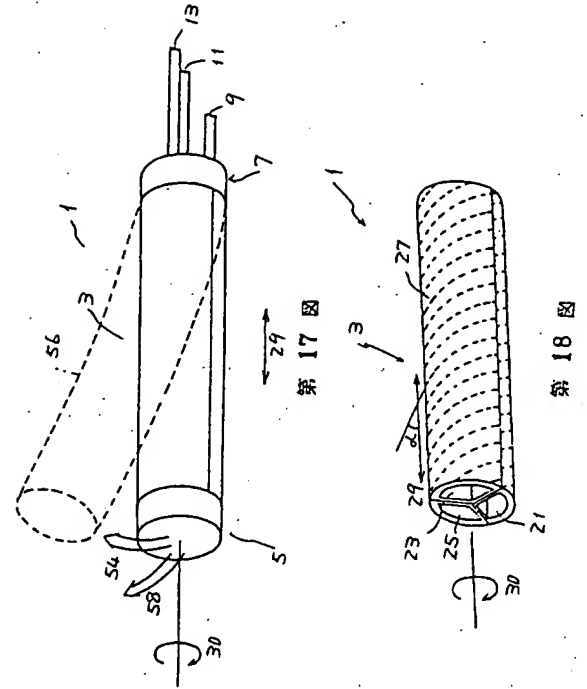
第 11 図



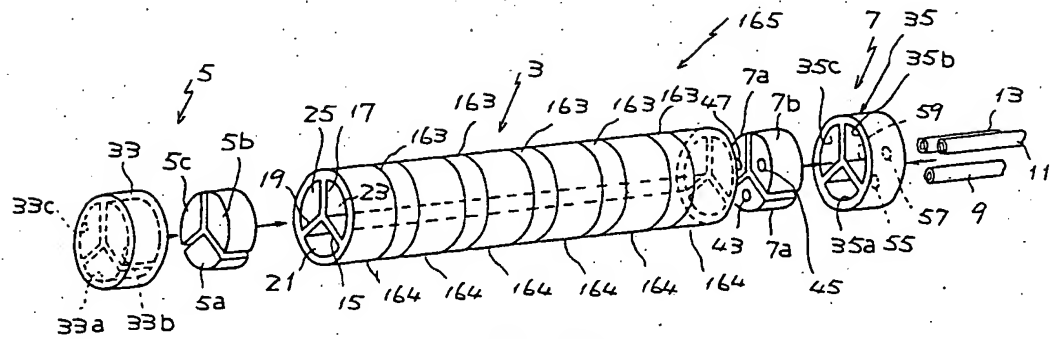
第 12 図



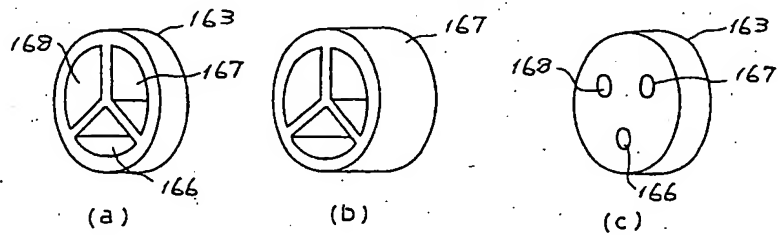
第 16 図



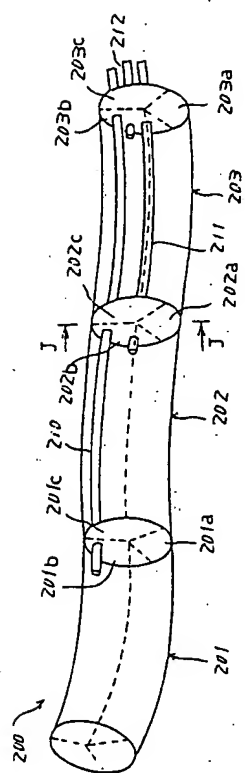
第 18 図



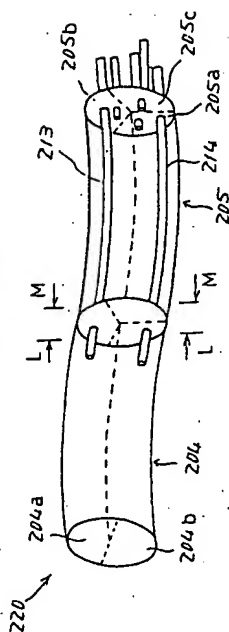
第 19 図



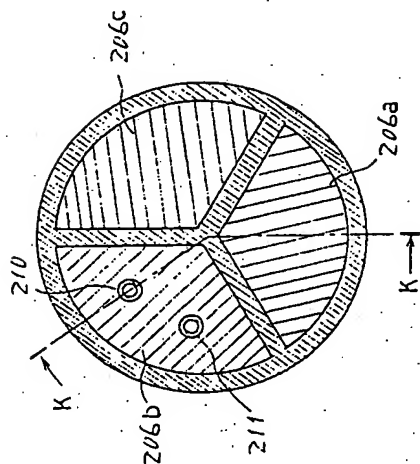
第 20 図



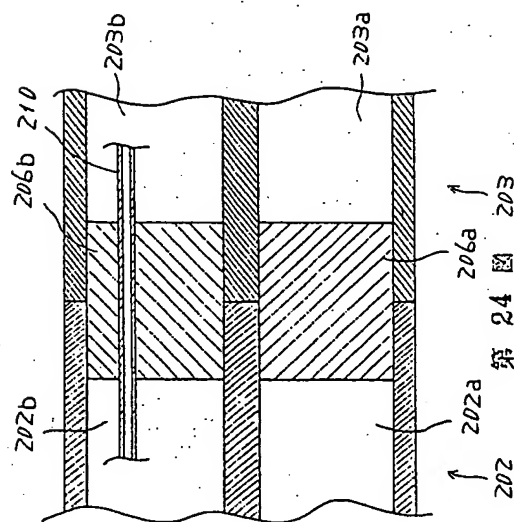
第 21 圖



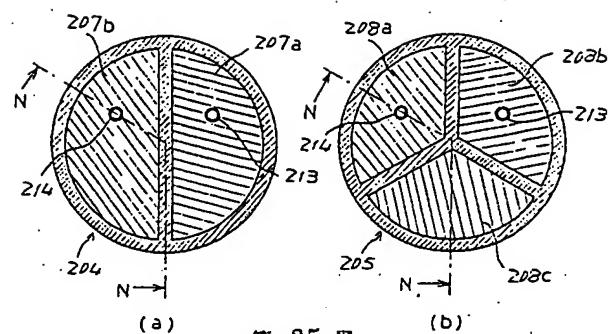
第 22 圖



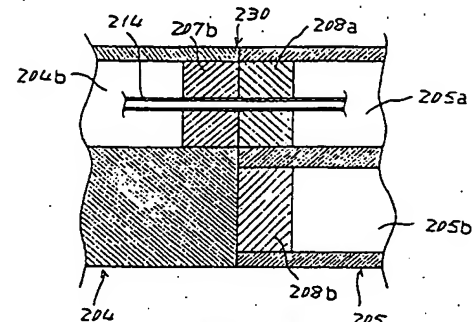
第 23 圖



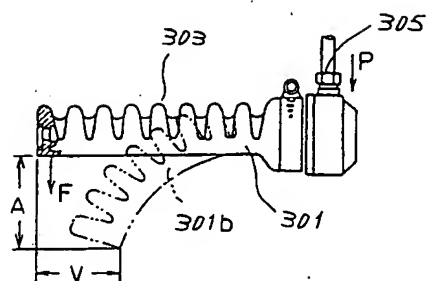
第 24 圖



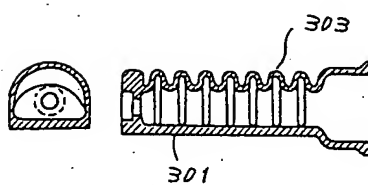
第 25 圖



第 26 圖



第 27 図



第 28 図